

7.Посметный Б.М., Горпинко Ю.И. Импульсные парогенераторы серии «Торнадо». // Вестник ХНАДУ: Сб. науч. тр. Вып.29. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – С.184-186.

*Отримано 02.06.2006*

УДК 624.13.001.5

**В.Н.СУПОНЕВ**

*Харьковское научно-производственное предприятие «Газтехника»*

## **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ НОЖЕВОГО ТРУБОЗАГЛУБИТЕЛЯ ПРИ ПРОКЛАДКЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Раскрываются основные требования к строительству распределительных газопроводов из стальных и полиэтиленовых труб. Выявлены особенности разработки грунта при их бестраншейном заглублении ножевым трубозаглубителем.

Преимущества строительства линейно-протяжных участков подземных коммуникаций (дренажа, кабеля и трубопроводов) с помощью ножевого трубозаглубителя по бестраншейной технологии методом заглубления определяется следующими показателями:

- низкая трудоемкость при высоких темпах прокладки сетей – до 2,5-5 км/ч;
- исключение из технологии процесса отрывки открытой траншеи и ее засыпки;
- не требуется проведение рекультивационных работ по восстановлению плодородного слоя грунта;
- совмещение в один прием процесса разработки грунта и укладки в грунт коммуникаций.

Прокладка коммуникационных сетей различного назначения по изложенному методу имеет свои технологические особенности, которые необходимо учитывать при конструировании машин и проведении инженерных расчетов по выбору базовых тяговых средств для выполнения необходимых работ в конкретных грунтовых условиях. Анализ проведенных исследований в области бестраншейных технологий строительства подземных коммуникаций показал, что особенности рабочих процессов машин для строительства дренажных систем, кабельных линий связи и водопроводов в настоящее время изучены достаточно хорошо и полученные рекомендации по ним находят широкое применение в практике.

Применительно к строительству распределительных газопроводов таких рекомендаций не выявлено.

Газопроводы считаются объектами повышенной опасности, строительство которых требует строгого соблюдения технологии в соответствии с ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение» [1]. Это являет-

ся одной из причин, по которой прогрессивный метод бестраншейного строительства газопроводов пока еще не получил, в отечественной практике, широкого распространения. Однако использование в последнее время при строительстве газопроводов современных высокопрочных изоляционных покрытий и пластмассовых труб, открывают широкие возможности для применения новых технологий, в том числе бестраншейной с помощью ножевого трубозаглубителя [2].

Другим сдерживающим фактором применения данной технологии является необходимость создания больших тяговых усилий для перемещения в грунте пассивного ножевого рабочего органа и укладочного устройства трубозаглубителя, а надежной методики их расчетов нет.

Целью данной работы является выявление особенностей рабочего процесса взаимодействия трубозаглубителя с грунтом при прокладке распределительных газопроводов.

Задачей работы является определение влияния параметров трубы на процесс укладки трубопроводной плети в грунт и установление, при этом, характера его разрушения и особенностей воздействия на рабочее оборудование трубозаглубителя.

#### *Особенности работы трубозаглубительного оборудования*

Технология бестраншейной прокладки трубопроводов ножевым трубозаглубителем заключается в разрезании грунта ножевым рабочим органом, его поддержки в раздвинутом состоянии трубоукладочным устройством до тех пор, пока трубопроводная плеть по мере перемещения устройства под ней, опускаясь под действием собственного веса, не достигнет необходимой отметки.

Таким образом, процесс работы трубозаглубителя определяется тремя основными факторами:

- параметрами и свойством материала трубы, условиями ее залегания в грунте;
- геометрическими размерами и формами ножевого рабочего органа;
- длиной и конструктивным исполнением трубоукладочного устройства.

Сегодня при строительстве распределительных газопроводов применяют трубы стальные и полиэтиленовые.

Стальные трубы производятся в соответствии с требованиями ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение» по ГОСТ 10704-91 и ГОСТ 8734-75 из стали ст.3 и ст.20. Диапазон диаметров труб и свойства их материала приведены в таблице.

Полиэтиленовые трубы поставляются в соответствии с требованиями ТУ ДСТУБ.В.2.7-73-98 «Трубы полиэтиленовые для подачи

горючих газов». Их размеры и физико-механические свойства представлены в таблице.

Газопроводные трубы, отвечающие требованиям ГОСТ 5542-87

Типы труб	Физико-механические свойства материалов			Диаметры труб D, мм
	плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	модуль упругости E, кг/см <sup>2</sup>	предел текучести $\sigma_{\text{т}}$ , кг/мм <sup>2</sup>	
Стальные ГОСТ10704 -91 ГОСТ 8734 -75	7,85	(2,0-2,1)·10 <sup>6</sup>	18	57; 76; 89; 108; 139; 159; 219; 273; 325
Полиэтилен ТУ ДСТУБ.В.2.7-73-98	0,92	0,7·10 <sup>4</sup>	1,9	40; 50; 67; 75; 90; 110; 125; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315

Высокая эффективность при строительстве газопроводов ожидается от использования труб из стеклопластика, армированных пластиковых и бислойных труб – комбинация полиэтиленового и стеклопластикового материалов. В этом случае достигается наиболее оптимальное сочетание пластических и упругих свойств трубопроводов с надежной прочностной защитой их снаружи.

Поскольку применение этих материалов при строительстве газопроводов нормативами не подтверждено, то их можно лишь рассматривать как перспективную тенденцию развития газопроводного транспорта.

Как видно из приведенной таблицы, трубопроводная плеть, изготовленная из представленных материалов, имеет следующие особенности:

- основной диапазон диаметров распределительных труб находится от 50 до 350 мм;
- трубы имеют значительный вес, а контактные нагрузки ограничены, что необходимо учитывать при их подъеме;
- упругие свойства материалов труб имеют большие значения, что в свою очередь приводит к большой длине участка линии прогиба трубопровода при его опускании в траншею;
- при формировании линии прогиба трубопроводной плети – изгибные напряжения в трубе не должны превышать допустимых значений во избежания ее смятия и поломки.

Несмотря на существенные различия в свойствах полиэтиленовой и стальной труб, картина процесса укладки трубопроводов принципиально не меняется и по своей сути их можно считать жесткими. Кабельные коммуникации и дренажные системы, принято считать гиб-

кими, так как они имеют возможность сворачиваться в компактные бабины и при укладке в грунт пропускаются практически сразу, непосредственно за ножевым рабочим органом. В отличие от них для жестких трубопроводов необходимо создавать систему опор для формирования линии прогиба, а за ножом протаскивать значительных размеров трубоукладочное устройство, которое должно на всем протяжении прогиба трубы поддерживать грунт в раздвинутом состоянии.

Параметры ножевого рабочего органа определяются необходимостью заглубления трубопровода согласно ДБН на глубину 1 м до верха трубы. Таким образом, глубина разработки грунта Нр должна соответствовать:

$$Нр = D + 1,0 \text{ (м)}, \quad (1)$$

где D – наружный диаметр трубопровода.

Согласно [3], ширина траншеи, а соответственно ширина ножа должна обеспечивать условия свободного опускания трубы на нужную отметку с определенным зазором, что соответствует ориентировочным расчетам:

$$S = D + (0,05 - 0,1), \text{ м}. \quad (2)$$

Характер разрушения грунта с такими параметрами ножевого рабочего органа соответствует теории глубокого резания. При этом, согласно общепринятым представлениям процесса по глубине могут быть выделены две зоны: зона разрушения, которая находится ближе к поверхности и в нижней части – зона уплотнения.

Энергоемкость процессов разрушения грунта в этих зонах отличается в несколько раз. Поэтому важным является значение глубины разделения этих зон, которую принято называть критической глубиной резания [4].

В соответствии с исследованиями глубокого резания грунта в зависимости от его характеристик величина критической глубины ориентировочно может быть определена по зависимости:

$$Нкр = (2,5 \div 4) S. \quad (3)$$

Исходя из рассматриваемого диапазона диаметров труб и с учетом (1)-(3) можно изобразить зависимость глубин Нр и Нкр от диаметра укладываемого газопровода D (рис.1).

Как хорошо видно из графика, критическая глубина по проведенным ориентировочным расчетам присутствует при укладке труб до 150-200 мм (рис.2).

При укладке газопровода большего диаметра от 200 до 350 мм разрушение грунта происходит на всю глубину резания (рис.3).

По характеру разрушения грунта при строительстве распределительных газопроводов трубы можно условно разделить на два диапа-

зона:

- при резании грунта ножом для укладки труб диаметром до 150-200 мм он будет испытывать значительные усилия от сил лобового сопротивления грунта в зоне разрушения и уплотнения. Аналогично на боковую поверхность ножа будут действовать силы активного давления разрушенного грунта и давления упругих сил сжатия в зоне уплотнения (рис.4);

- при резании грунта ножом под трубы больших диаметров от 150-200 мм на нож действуют только силы сопротивления грунта его разрушению, а на боковые поверхности – силы активного давления разрушенного грунта.

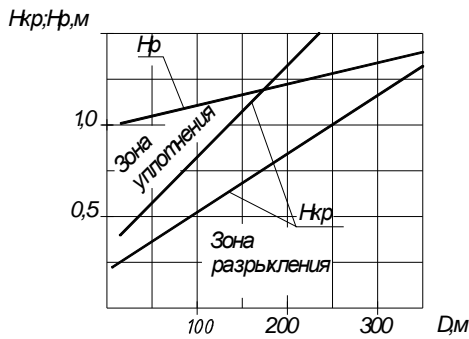


Рис.1 – Зависимость глубин  $H_p$  и  $H_{кр}$  от диаметра укладываемого трубопровода  $D$

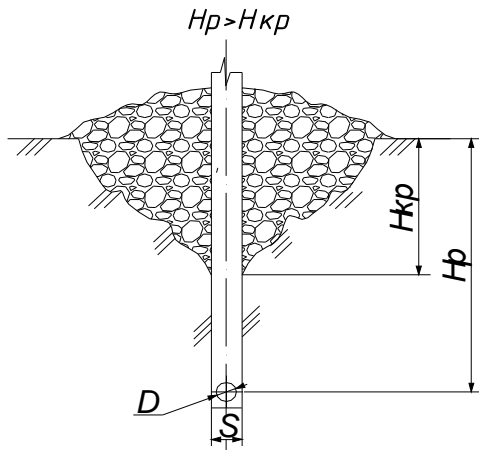


Рис.2 – Характер разрушения грунта при укладке трубопровода до 150-200 мм

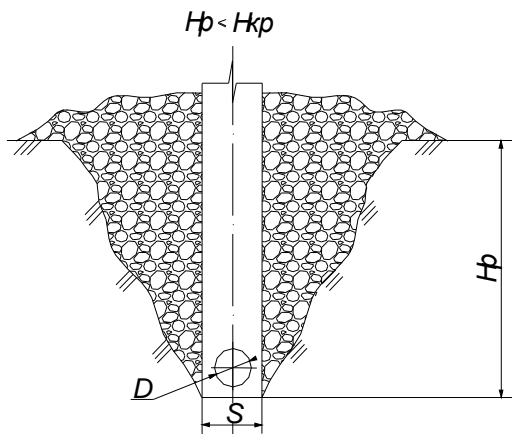


Рис.3 – Характер разрушения грунта при укладке газопроводов диаметром более 150-200 мм

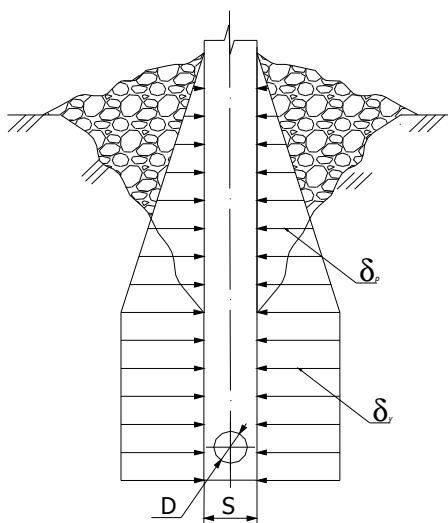


Рис.4 – Силы давления грунта на ножевой рабочий орган

В соответствии с представлениями о характере разрушения грунта ножом под газопроводы можно сделать аналогичные выводы о характере воздействия грунта при протаскивании за ножом трубоукладочного устройства. Поскольку его конструктивные особенности

должны обеспечивать поддержание грунта в раздвинутом состоянии, то соответственно можно считать его продолжением ножа, а на его боковые стенки, соответственно будут давить аналогичные силы со стороны грунта в случаях укладки труб до 150 мм и в диапазоне 150-350 мм соответственно.

При укладке труб диаметром до 150-200 мм снижение необходимого тягового усилия может быть достигнуто использованием многоярусных ножей, позволяющих значительно увеличить критическую глубину резания [5].

При укладке распределительных газопроводов ножевым трубозаглубителем можно выделить следующие особенности, которые необходимо учесть при инженерных расчетах и конструировании оборудования:

1. Укладываемый трубопровод считать жестким, а соответственно необходимо учитывать все его физико-механические особенности, в частности упругость и допустимые напряжения в ней. Значительными при этом являются величины веса трубы и длины линии прогиба трубопровода при его укладке.

2. Ножевой рабочий орган и трубоукладочное устройство испытывают силы сопротивления грунта не только в зоне разрушения при укладке труб 200-350 мм, когда  $H_p \leq H_{кр}$ , но и в зоне уплотнения, когда  $H_p > H_{кр}$  для труб 50-150 мм.

3. Трубоукладочное устройство должно обеспечивать непросыпание грунта под трубопроводной плетью, а соответственно, иметь размеры, равные ее линии прогиба. Со стороны грунта на него будут действовать силы активного давления грунта в зоне разрушения и упругого сжатия в зоне уплотнения.

1.ДБН В.2.5-20-2001 «Газоснабжение».

2.Удовенко В.Е. и др. Полимеры в газоснабжении. – М.: Машиностроение, 1998. – 856 с

3.Удовенко В.Е., Софронова И.П., Гусева Н.В. Полиэтилен – это просто. – М.: ЗАО «Полимергаз», 2003. – 238 с.

4.Руднев В.К. Результаты экспериментов по резанию грунтов прямоугольными ножами // Изв. вузов. Сер. «Строительство и архитектура». – 1964. – № 9. – С.112-117.

5.Кравец С.В., Нечидюк А.А. Определение критической глубины резания грунта в нижних ярусах при многоярусной разработке грунта. Техника строительства. – К. – С.32-36.

*Получено 14.06.2006*